

鋁的陽極氧化處理

潘君拯編著

科學技術出版社

鋁的陽極氧化處理

潘君拯編著

科學技術出版社

內 容 提 要

本書敘述鋁的性質和用途，鋁件為什麼要進行陽極氧化處理，怎樣進行處理，陽極氧化處理的各種方法及其比較、實例、檢驗。

本書供鋁器製造業、汽車拖拉機製造業、光學儀器製造業、電器製造業技術工人與技術人員參考之用。

鋁的陽極氧化處理

編 著 者 潘 君 拯

*

科學技術出版社出版

(上海建國西路 336 弄 1 號)

上海市書刊出版業營業許可証出○七九號

上海陸記印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·286

開本 787×1092 耗 1/32·印張 1 1/16·字數 19,500

一九五六年八月第一版

一九五六年八月第一次印刷·印數 1—4000

定價：(10) 一角七分

目 錄

第一章 緒論	1
1. 鋁的性質及用途	1
2. 鋁件为甚么要進行陽極氧化处理	2
3. 鋁件怎样進行陽極氧化处理	3
第二章 鋁件的陽極氧化处理	4
1. 鋁件在進行陽極氧化处理前的准备工作	4
2. 清洗	6
3. 陽極氧化处理的各种方法	7
4. 硫酸法	8
5. 鉻酸法	12
6. 草酸法	12
7. 电解質的控制	13
8. 应用陽極氧化处理的原理使鋁件表面光亮的方法——光亮法	14
9. 陽極氧化处理各种方法的比較	16
10. 着色	19
11. 封閉(鈍化)	20
12. 干燥	21
13. 拋光	21
第三章 鋁件陽極氧化处理的实例	21
1. 硫酸法实例	21
2. 草酸法实例	23
第四章 檢驗	25
1. 概說	25

2. 氧化膜厚度檢驗.....	26
3. 鹽霧試驗.....	28
4. 撓度試驗.....	29
参考文献.....	30

第一章 緒 論

1. 鋁的性質及用途

鋁是一種輕質（比重 2.70 克/立方公分）、易熔（熔點 660°C ）、柔軟（硬度 20 H_n ）而富塑性（延伸率 40%，面積收縮率 95%），導電率高（導電率 37×10^{-4} ），並且具有美麗的、銀白色的光澤的金屬。它從本世紀起才開始大量應用，因此常被稱作“二十世紀的金屬”。

與常用的金屬中碳鋼（以較常用的 30 號鋼為例）和銅相比較，鋁的比重約為中碳鋼的 35% 和銅的 30%，在常用的金屬中僅較重於鎂（比重 1.74 克/立方公分）。它的導電率約為銅的 60%，在所有的金屬中僅次於銀（導電率 68×10^{-4} ）和銅。雖然它的導電率比銅低，但是由於它的比重小，因而鋁質導線的重量却比用於同一目的的銅質導線輕得多。它的原料價格以重量計算雖較高於中碳鋼和銅，但由於它比重小，因此以體積計算時，它的原料價格高出中碳鋼不多，但却比銅低廉。

現將鋁、鐵、中碳鋼（30 號鋼）和銅的主要物理性能和機械性能列表於後，以作比較。

由於比重低，鋁的合金在機械製造的一切部門，尤其是在造船、汽車及飛機工業等部門中，都被廣泛地應用着，以減輕結構的重量。由於導電率高，鋁在電器工業方面獲得了廣泛的應用。由於它具有美麗的金屬光澤，它被廣泛地用來製造日用品和藝

表 1 鋁、鐵、中碳鋼(30号鋼)和銅的主要物理性能 and 機械性能

金屬名稱	比重 克/公分 ³	熔點 °C	比電阻×10 ² 歐公厘 ² /公尺	導電率 ×10 ⁴	硬度 H ₀	強度極限 公斤/公厘 ²	延伸率 %	面積收縮率 %	彈性模數 公斤/公厘 ²
鋁	2.70	660	2.7	37	20	6	40	95	1,790
鐵	7.87	1,539	9.9	10.05	80	30	50	85	21,000
30号鋼	約7.8	約1,500	—	—	179	48	20	50	—
銅	8.93	1,083	1.56	64	35*	22*	50*	70*	12,460
					120**	50**	6**	35**	

* 退火狀態

** 冷加工狀態

術品。純鋁的強度和硬度雖然都比較低，但可以制成各種合金，得到極高的強度和適當的硬度。如都拉敏（一種性質優良的鋁銅基合金）的強度極限可達40公斤/平方公厘以上（30号鋼的強度極限約為48公斤/平方公厘），硬度可達100H_B左右。

2. 鋁件為甚么要進行陽極氧化處理

鋁件在空氣中表面形成一層氧化膜。這層氧化膜能保護金屬內部，使它免受大氣及一般化學品的侵蝕。但自然生成的膜很薄，抗蝕能力不強；而且所生成的無晶形的氧化鋁是多孔性的，容易沾染污迹。為了能更好地抵抗侵蝕，並保持金屬表面的光潔，鋁件表面需要較厚的、晶形的氧化膜。這可以用陽

極氧化處理的方法得到。

準備進行陽極氧化處理的鋁件，它的表面須先整理光潔。然後，在進行處理以前，須將金屬表面加以清洗。在氧化過程中，金屬被連接于陽極（如為交流電源，金屬同時被連接于兩極），浸入盛有硫酸、鉻酸或草酸的槽中。由於電化作用的結果，在金屬表面形成薄膜。這樣生成的薄膜是多孔性的、無晶形的氧化物，可以用無機顏料或有機染料着色。最後，將金屬浸入沸水，或用其他方法，使氧化物從無晶形的變為晶形的，從多孔性的變為不能穿透、不受污染的。這個過程稱為“封閉”或“鈍化”。

鋁件在經過陽極氧化處理以後，抗蝕能力可以大為提高，並能保有各種美麗的光澤，經久不褪。

汽車拖拉機發動機的鋁質活塞，如果不經陽極氧化處理，其表面在空氣中會逐漸形成一層無晶形氧化鋁的薄膜。這層氧化膜中含有一些氧化鋁的結晶。這種結晶的化學組成和硬度與剛玉相似。它們對氣缸表面的磨耗的影響很大。但如經過陽極氧化處理，活塞表面就會復蓋一層堅固而光滑的晶形氧化鋁的薄膜，使活塞表面不致刮傷，而氣缸表面也不致迅速磨耗。

因此，為了增加鋁質活塞的耐磨性並減少氣缸的磨耗，經過切削加工的活塞在去油以後，要經過陽極氧化處理。

此外，由於在鋁件表面生成的氧化膜是絕緣的，在電器工業上，可以用陽極氧化法處理鋁箔，以製造電容器。也可以用陽極氧化法處理鋁質導線，以獲得絕緣的表層。

3 鋁件怎樣進行陽極氧化處理

鋁件進行陽極氧化處理的過程，大約可以歸納如下：

- (1) 准备工作 機械加工,磨光,拋光。
- (2) 清洗 去油,洗淨。
- (3) 陽極氧化處理 硫酸法,鉻酸法或草酸法。
- (4) 着色 用無機顏料或有機染料。
- (5) 封閉
- (6) 干燥
- (7) 拋光
- (8) 檢驗 氧化膜厚度檢驗,鹽霧試驗,撓度試驗。

第二章 鋁件的陽極氧化處理

1. 鋁件在進行陽極氧化處理前的准备工作

鋁件在進行陽極氧化處理以前,先要完成一切機械加工。

在進行陽極氧化處理以前,鋁鑄件的澆口和冒口必須先行切去,泥心必須清除淨盡。如果可能的話,所有表面最好都要經過切削加工,然後加以磨光及拋光。所有未經切削加工的表面,最好先要經過噴砂及刷光(用鋼絲布或鋼絲輪),然後經過磨光及拋光等過程,以獲得所需的表面。

經過壓力加工的鋁件在處理以前,須將一切毛邊除盡,然後加以磨光及拋光。

鋁件磨光時採用直徑約為 300~400 公厘,轉速約為 1,500~1,700 轉/分的氈輪,輪的表面敷以 120~160 號的剛玉。拋光時採用直徑約為 300~400 公厘,轉速約為 2,000~2,500 轉/分的布輪,並採用黃油和白油等兩種機械用油脂作為拋光料。黃

油所含粒子比較白油所含粒子為粗，故拋時用黃油，光時用白油（優良的黃油可代替白油）。鋁件通常先在一个布輪上拋光，用黃油作拋光料；然後再在另一個布輪上拋光，用白油作拋光料。

數量較多的小鋁件，可以放在轉動的滾筒內進行機械拋光（俗稱揀光）。這種滾筒通常制成六角柱體，由六塊厚約 30 公厘，寬約 300 公厘，長約 1 公尺的木板以及兩端的蓋板組成。鑄件可用砂和木屑作拋光料，而壓力加工件一般用木屑和皮革作拋光料。滾筒的轉速通常約為 30~45 轉/分，加工時間約需 8 小時。

鋁件的一切機械加工過程，須在進行陽極氧化處理以前完成。

砂模鑄件在進行處理以前，應該經過特別小心的加工。但鑄件上面的澆口和冒口部位，即使經過非常小心的磨光和拋光，在處理後其光澤仍與其他部分不同。又鑄件容易發生針孔、偏析以及不均勻晶粒等缺陷，因此特別難於處理。由於這些缺陷，最後會造成膜上的痕迹或光澤上的差異。

硬模鑄件由於冷卻較快，金屬的表面結構比較細緻，在處理時比較有利。

壓力鑄件一般因含矽量較高，可以得到良好的結果。但生成的膜色澤較暗，以着成黑色，較為適宜。

鋁板在處理後，有時會現出條痕或蜂窩狀表面。這與軋造過程有關。但在處理前如適當加以腐蝕，可以消滅或減輕條痕和蜂窩。

在壓擠件表面，也會產生同樣情形。

焊件上的焊縫，雖然經過小心的切削加工、磨光和拋光，在

处理后仍会留下痕迹。

經過各种陽極氧化法处理以后，以純鋁所得的結果为最佳；色澤最淺，有时成为透明，所需的电流密度最低。

含少量的錳或鎂，以及5%以下的銅的合金，經過处理以后，可以得到滿意的結果。但合金含銅量如果較高，就只能用硫酸法或草酸法处理。

含矽量在13%以下的矽合金可以得到良好的膜，但色澤較暗，接近黑色。

含鋅量在8%以下的鋅合金，以及銅鋅合金，能以任何方法進行处理。

2. 清洗

就在進行陽極氧化处理以前，鋁件表面必須予以徹底清洗。

清洗工作包括两部分：去油和洗淨。

清洗可以采用化学法或电解法。化学法应用較廣，因为它比較簡便，同样也可以得到与电解法类似的效果。

在化学法中，可以采用苯或三氯乙烯作为去油剂。鋁件先行放入去油剂中，以去除附着在它的表面之上的油垢。处理所需的时间視油垢的情形而定，总之要將附着在鋁件表面上的油垢除尽。然后将鋁件浸入鹼性溶液進行進一步的去油（腐蝕），以獲得无光澤的表面，即在 $65^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 的10~20%氫氧化鈉溶液中，处理 $1/2\sim 1$ 分鐘。

对于附着在鋁件表面的含有皂基的化合物的切削剂，可以用温和的鹼性溶液作去油剂：沸騰的1:1的碳酸鈉与偏矽酸鈉的混合物的溶液，濃度12~25克/公升。

鋁件在去油以後，應該用水洗滌。

在馬上就要進行陽極氧化處理以前，鋁件應該經過最後一道洗淨手續：或者將鋁件浸入10~30%的冷硝酸，以去除遺留的鹼性溶液以及表面的氧化物；或者浸入沸騰的1:1的苛性鈉與氟化鈉的混合物的溶液，濃度約45克/公升，洗淨的時間要短。

鋁件經過洗淨以後，應該用水洗滌。此後，如果對清洗的質量認為滿意，就可以立刻送去進行陽極氧化處理。

如果經過清洗，水能將鋁件表面均勻地濡濕，就可以認為清洗的質量是滿意的。如果在去油的过程中，鋁件表面呈現暗灰色的斑點，可以將鋁件浸入下列溶液，直到斑點退盡為止：

濃硝酸 1分，水 1分；或

濃硝酸 3分，濃硫酸 4分。

溶液的溫度為室溫。

洗滌鋁件可以用熱水，也可以用冷水，或者先用熱水後用冷水。用熱水洗滌時水的溫度應保持在 50°C 以上，最好用壓縮空氣時時加以攪拌。用冷水洗滌時要用強大的水流來沖洗，以保證將可能附着在鋁件表面的殘剩鹼液或酸液完全洗去。

3. 陽極氧化處理的各種方法

用於陽極氧化處理的電解質通常有三種：硫酸、鉻酸和草酸。

根據不同的電解質，通常將陽極氧化處理的方法也分成三種：硫酸法、鉻酸法和草酸法。

用不同的電解質，不同的處理方法，可以得到不同的結果。

現將各種處理方法分述於後，以供參考。

4. 硫酸法

硫酸法以硫酸作電解質。硫酸的濃度，可以在相當大的範圍以內變化，與電流有密切的關係。

現將各項資料列表於後，以供參考。

表 2 硫酸濃度與電流的關係

電解質	電源	電壓，伏	電流密度 安/平方公寸	最適宜溫度	溫度
15~20% 硫酸	直流	6	0.2	25°~20°C	<30°C
15~25% 硫酸	直流	15%硫酸， 20~24 25%硫酸， 10~12	1.3	25°~20°C	<30°C
20~25% 硫酸 + 甘油等有機物	直流	12~16	0.65~1.1	25°~20°C	<30°C
5% 硫酸 + 酒精， 乙二醇，甘油 及葡萄糖等有機物	直流	10~20	0.9~2.2	25°~20°C	<30°C
20% 硫酸	交流	14	1.6~2.2	20°C	<30°C

如果溶液的濃度較高，鋁件表面將形成松軟而薄的膜；如果溶液的濃度較低，鋁件表面將形成堅實而厚的膜。

陽極氧化處理通常可在塗瀝青的或襯鉛的木槽或鐵槽以內進行。槽的尺寸視鋁件的大小、形狀、數量以及電流的強度而定。

將鋁件和直流電源的正極連接，作為陽極。用鉛板、石墨板或石墨棒作為陰極。採用交流電源時，將鋁件同時連接於兩極。

由於進行處理時電流產生的電力消耗熱，及陽極產生氧化鋁的氧化熱，所以在陽極放出的熱量很大。如果不設法散熱，溫度將不斷升高，影響到膜的厚度和性質。因此，槽須具有水套或配置在槽的底部及四周的鉛質的冷卻水管，以控制溶液的溫度在 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 的範圍以內，從而控制膜的厚度和它的性質。電解質的溫度通常保持在 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。溫度高於 30°C 或低於 20°C 都會影響到膜的質量。溫度過高將產生松軟的膜，而溫度過低將產生脆弱的膜。

如果可能的話，應該裝置自動調節溫度的設備。

大多數鋁件可以用堅固的，裝有螺栓或彈簧的鉛質夾具夾緊後浸入溶液進行處理。零星的鋁件可以裝入鉛質的網中進行處理，但是要注意不要使各鋁件互相關接觸。夾具和網的各部分都應該用鉛製造；尤其是浸入溶液以內的部分，不能採用其他金屬材料。

因為夾具或網是與鋁件一起浸入溶液中的，所以在夾具或網上也有氧化膜生成。由於氧化膜是絕緣的，因此在每次操作以後，要隨即將夾具或網浸入氫氧化鈉溶液進行腐蝕，以除去氧化膜。

直流電源可以由電動機發電機組供應，也可以由直流發電機、鉛蓄電池或電子管整流器供應。但一般以使用電動機發電機組的比較多，因為電動機發電機組比較簡單，而且比較便宜。

交流電源可以直接從綫路取得，也可以使用降壓變壓器。

由于在處理過程中，電壓始終保持穩定，所以生產可以是成批式的，也可以是連續式的。

處理的時間一般自 15~60 分鐘。時間愈長，生成的膜愈厚（圖 1）。但處理時間如果過於長久，生成的膜將在電解質內溶解，結果反而不利。

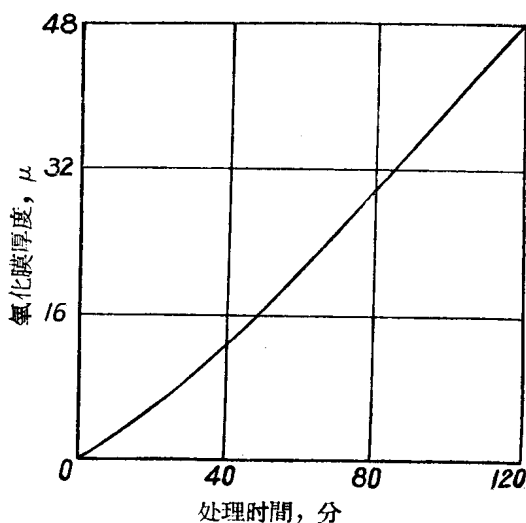


圖 1 在純鋁表面生成的氧化膜的厚度與處理時間的關係，電解質為 15% 硫酸，溫度為 20°C。

下面介紹一個可以得到比較圓滿的結果的實例，以供參考：

電解質 15% 硫酸。

電源 直流。

電壓 20 伏。

電流密度 1.3 安/平方公寸。

溫度 20°C.

時間 30分鐘.

操作過程:

(1) 清洗 除油,使用苯或三氯乙烯.

(2) 清洗 除油,將鋁件浸入溫和的鹼性溶液.

(3) 在冷水中洗濯.

(4) 清洗 洗淨,將鋁件浸入 10~30% 的冷硝酸.

(5) 在冷水中洗濯.

(6) 在 20°C 的 15% 硫酸內,以及 20 伏的電壓下,以 1.3 安/平方公寸的電流密度,處理 30 分鐘. 溫度應控制在 1°~2°C 以內,濃度應控制在 1% 以內,以保證所形成的膜的厚度及其性質的一致性. 處理時間可以有些伸縮,視操作的情形而定. 生產方式可以採用成批式,也可以採用連續式. 那一種方式便利合適,就採用那一種方式.

(7) 用冷水洗去附着在鋁件表面的電解質.

(8) 用無機顏料或有機染料着色.

(9) 在冷水中洗濯.

(10) 封閉 在沸水或變壓器油中. 有時也用熱的鉻酸鹽溶液.

(11) 在冷水中洗濯,取出乾燥. 膜的質量好的,經過電化後不需拋光. 拋光反而有損膜的厚度,所以乾燥後,不再拋光.

在進行操作時,工作人員必須穿著工作服、裹腿和膠鞋,並戴上橡皮手套和護目鏡,以保護身體免受傷害.

在操作中,並須遵守一切安全規則.

5. 鉻酸法

在鉻酸法中，使用3~10%的鉻酸作為電解質。溶液放在塗瀝青的或襯鉛的槽內，槽內溶液的溫度應保持在35°~40°C，pH值應保持在0.1~0.8的範圍以內。由於在處理過程中電壓變化，因此只能採用成批式生產。

操作過程：

- (1) 清洗 除油，使用苯或三氯乙烯。
- (2) 清洗 除油，將鋁件浸入溫和的鹼性溶液。
- (3) 在冷水中洗濯。
- (4) 清洗 洗淨，將鋁件浸入10~30%的冷硝酸。
- (5) 在冷水中洗濯。

(6) 陽極氧化處理在3%的鉻酸內進行。在處理過程中溫度保持在40°C左右。使用直流電源，電壓在最初15分鐘內逐步提高到40伏，保持35分鐘；然後在以後5分鐘內提高到50伏，保持5分鐘。

(7) 用冷水洗去附着在鋁件表面的電解質。有時並浸入稀硫酸中去污。

(8) 在鋸屑內干燥。

(9) 如果要得到無色的膜，可以將鋁件浸入沸水內封閉，時間約需30分鐘。如果要得到黃色的膜，以增強抗蝕能力，可以將鋁件放在沸騰的5%重鉻酸鈉或重鉻酸鉀溶液內封閉。

6. 草酸法

在草酸法中，電解質為3~10%的草酸。可以採用直流、交流或脈動電流，電壓為30~100伏，電流密度為1.2~6安/平方